

# EFEITOS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA SOBRE O ABACAXIZEIRO 'PÉROLA' EM REGOSSOLO<sup>1</sup>

RICARDO SÉRGIO DE SARMENTO GADÉLHA<sup>2</sup>, HÉLIO DE OLIVEIRA VASCONCELLOS<sup>3</sup>  
e ALCÍLIO VIEIRA<sup>2</sup>

**RESUMO** - São apresentados os resultados de um experimento realizado no Campo Experimental de Quicamã, município de Macaé-RJ, com o objetivo de aproveitamento de regosso para a cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill cv. Pérola). Utilizaram-se três tipos de adubos orgânicos: esterco de curral, lodo (resíduo de filtro prensa resultante da industrialização de cana-de-açúcar), e esterco de galinha. Todas as plantas do experimento receberam três adubações básicas com NPK, sob a forma de adubos químicos. O delineamento foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Na época da produção da primeira safra, ao nível de 1% de probabilidade, os tratamentos diferiram quanto ao peso e comprimento do fruto sem coroa, diâmetro do fruto na altura mediana; peso de coroa e número de filhotes por planta. Não houve diferença significativa com relação a acidez total, sólidos solúveis totais (brix), diâmetro da medula e comprimento da medula do fruto. O emprego de esterco de curral, lodo e esterco de galinha, resultou na produção de frutos com peso médio de 1.479,8 g; 1.331,0 g e 1.203,4 g, respectivamente, ao passo que sem adubação orgânica o peso médio alcançado foi de 680 g; não foi, porém, significativa a diferença entre esterco de curral e o lodo, nem aquela observada entre o lodo e o esterco de galinha. O emprego de esterco de curral aumentou a produção de filhotes, que atingiu a média de 7,3 unidades por planta, enquanto a média correspondente aos canteiros sem adubação orgânica foi igual a 5,8.

Termos para indexação: *Ananas comosus* (L.) Merrill, adubo orgânico, adubo químico.

## EFFECT OF ORGANIC MANURING TO PINEAPPLE CV. PÉROLA IN A REGOSOL

**ABSTRACT** - The results of an experiment conducted at the Experimental Field of Quicamã, Macaé County in the State of Rio de Janeiro, are shown. The main objective of the experiment was utilization of a very sand soil (Regosol) for pineapple breeding. Three different kinds of organic manure were used: barnyard manure, sugar cane filter press cake and chicken manure. All the plants forming the experiment received a basic NPK fertilization with chemical fertilizers. A completely randomized block design with four treatments and five replications were used. After the first harvesting, at 1% of probability, the data collected showed that there were differences among treatments concerning to weight and fruit length, fruit diameter (obtained in the middle of the fruit), crown weight and number of slips per plant. No difference was found related to total acidity, total soluble solids (brix) pith diameter and length of fruit's pith. The use of barnyard manure, sugar cane filter press cake, and chicken manure, gave a fruit production with mean weight of 1,479.8 g; 1,331.0 g and 1,203.4 g respectively, while the mean weight without organic manure was 680.0 g, yet there was not significant difference between barnyard manure and sugar cane filter press cake nor between sugar cane filter press cake and chicken manure. The use of barnyard manure increased slips production obtaining an average number of 7.3 slips per plant. On the other hand, plants without organic manuring produced an average of 5.8 slips per plant.

Index terms: *Ananas comosus* (L.) Merrill, organic manure, chemical fertilizer.

## INTRODUÇÃO

No Estado do Rio de Janeiro, o cultivo do abacaxizeiro 'Pérola' vem sendo desenvolvido no litoral, em regosso. São, segundo Brasil, Ministério

da Agricultura (1958), solos de natureza paupérrima e de baixa fertilidade, praticamente destituídos de matéria orgânica. Todavia, a área abrangida é bem significativa, alcançando 1.041 km<sup>2</sup>.

Sabe-se que a falta de estrutura nesse tipo de solo, facilita a rápida lixiviação dos fertilizantes empregados.

Segundo Tibau (1978), em torno da matéria orgânica gravita a maioria dos princípios relativos à estruturação do solo e grande parcela do que se refere à sua fertilidade propriamente dita.

Face ao exposto, resolveu-se estudar os efeitos

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 19 de outubro de 1981.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Macaé - Estrada Velha do Glicério, km 03, CEP 28700 - Macaé, RJ.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Itaguaí - Estrada Rio-São Paulo, km 47, CEP 23460 - Seropédica, RJ.

da adubação orgânica sobre a cultivar Pérola, cujos resultados são aqui apresentados.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Quiçamã, da Estação Experimental de Macaé, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), empregando-se um solo tipo regossolo e a cultivar Pérola.

A análise de uma amostra de solo do local do experimento apresentou o seguinte resultado: fósforo = 0 ppm; potássio = 8 ppm; cálcio + magnésio = 0,2 mE/100 cm<sup>3</sup>; alumínio = 0,2 mE/100 cm<sup>3</sup>; pH = 5,4.

Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições.

O plantio foi feito em maio de 1977, no espaçamento de 1,20 m entre filas duplas, 0,30 m entre filas simples e 0,40 m entre plantas de uma mesma fila, com 60 plantas úteis por parcela.

Tratamentos: a. Esterco de galinha; b. Esterco de curral; c. Lodo (resíduo de filtro prensa resultante da industrialização de cana-de-açúcar) e d. Sem adubação orgânica (testemunha).

Os adubos orgânicos foram aplicados nas covas de plantio nas quantidades de 600 g de esterco de galinha, 1.800 g de esterco de curral ou 1.800 g de lodo por cova, com base nos teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O apresentados por Buckman & Brady (1976) e em recomendação de Tibau (1978), para solo arenoso. O lodo apresenta a seguinte composição média: nitrogênio = 1,37%; fósforo = 1,11%; potássio = 0,70%; magnésio = 0,52%; enxofre = 1,44%; matéria orgânica = 81,70%.

Utilizaram-se mudas do tipo filhote, que pesavam em torno de 100 g e foram previamente desinfetadas com parathion metílico a 0,025%.

Com base nos resultados da análise do solo, todas as plantas do experimento receberam três adubações minerais, para fornecimento de 12 g de N, 3 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 12 g de K<sub>2</sub>O, que foram aplicadas em três etapas, isto é, 1, 6 e 12 meses após o plantio, em doses iguais, a primeira delas no solo, e as outras nas axilas das folhas mais velhas dos abacaxizeiros, tendo sido utilizadas como fontes de N, P e K, o sulfato de amônio, o superfosfato simples e sulfato de potássio.

A colheita dos frutos da primeira safra foi feita em novembro de 1978, ocasião em que os frutos separados das coroas foram pesados e as coroas foram pesadas e medidas individualmente, no caso dos frutos, foram tomados o comprimento e o diâmetro da parte mediana, bem como o diâmetro da medula ou eixo na altura mediana do fruto, ao passo que as coroas apenas foram medidas quanto ao comprimento.

Para determinação da acidez e do teor de sólidos solúveis totais (brix), extraiu-se o suco dos frutos com uma prensa manual. A separação dos resíduos e polpa foi feita com auxílio de uma peneira de malha fina.

O brix foi determinado com um refratômetro manual, e a acidez total, expressa em percentagem de ácido anidro, foi determinada pelo método de titulação, com solução 0,1 N de hidróxido de sódio, usando-se como indicador uma solução alcoólica de fenolftaleína a 3%.

Na época da colheita dos frutos também foi feita a contagem do número de filhotes, ou seja, das mudas produzidas no pendúculo.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos encontram-se sintetizados na Tabela 1.

Ao nível de 1% de probabilidade, a análise da variância dos dados obtidos revelou que houve diferença entre tratamentos quanto ao peso e o comprimento do fruto (excluída a coroa), diâmetro do fruto na parte mediana, peso da coroa, e número de filhotes produzidos por planta. Por outro lado, não foi encontrada diferença significativa com relação a comprimento da coroa, acidez total, sólidos solúveis totais e diâmetro da medula do fruto.

De um modo geral, a acidez total e o brix apresentaram valores baixos.

O uso de esterco de curral, lodo ou esterco de galinha possibilitou a produção de frutos com peso dentro do padrão comercial, pois, excluindo-se a coroa, as médias gerais alcançadas foram de 1.479,8 g, 1.331,0 g e 1.203,4 g, respectivamente, enquanto sem aplicação de adubo orgânico o peso médio caiu para 680,0 g, que é de baixa aceitação comercial.

Logicamente, a adubação orgânica também melhorou o porte do fruto, isto é, resultou em frutos mais compridos e de maior diâmetro.

Por outro lado, as diferenças encontradas no tocante ao peso da coroa, embora significativas, são de importância bem menor sob o ponto de vista prático, o mesmo podendo ser dito quanto à produção de filhotes.

Os resultados alcançados nos mostraram que os regossolos do litoral do Rio de Janeiro podem ser utilizados para a produção comercial de abacaxi 'Pérola', desde que seja economicamente viável o emprego de adubo orgânico.

Também interessa observar que nesses solos não há necessidade de aração e gradagem, e que a reduzida infestação por ervas más facilita consideravelmente a manutenção do abacaxizal no limpo.

TABELA 1. Resultados dos experimentos sobre o emprego de adubação orgânica para o abacaxizeiro 'Pérola', em regossolo do litoral do Estado do Rio de Janeiro. Os valores relacionados com a produção referem-se à primeira safra (médias das cinco repetições).

| Variáveis                             | Tratamentos        |                   |                                 |                                    | Coeficientes de variação (%) |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
|                                       | Esterco de galinha | Esterco de curral | Lodo (resíduo de filtro prensa) | Testemunha (sem adubação orgânica) |                              |
| Peso do fruto sem a coroa (g)         | 1.203,4 b          | 1.479,8 a         | 1.331,0 ab                      | 680,0 c                            | 8,63                         |
| Comprimento do fruto sem a coroa (cm) | 17,2 a             | 18,7 a            | 18,0 a                          | 13,9 b                             | 7,94                         |
| Diâmetro do fruto (cm)                | 11,3 a             | 11,9 a            | 11,6 a                          | 9,9 b                              | 2,25                         |
| Acidez total (% ac. cítrico anidro)   | 0,273 a            | 0,258 a           | 0,269 a                         | 0,342 a                            | 16,17                        |
| % de sólidos solúveis totais (brix)   | 10,08 a            | 10,36 a           | 10,42 a                         | 10,06 a                            | 16,43                        |
| Peso da coroa (g)                     | 106,5 a            | 109,5 a           | 108,5 a                         | 81,8 b                             | 10,44                        |
| Comprimento da coroa (cm)             | 19,9 a             | 19,5 a            | 20,8 a                          | 19,2 a                             | 7,44                         |
| Número de filhotes                    | 6,4 ab             | 7,3 a             | 6,9 ab                          | 5,8 b                              | 7,67                         |
| Diâmetro da medula (cm)               | 2,49 a             | 2,55 a            | 2,60 a                          | 2,24 a                             | 7,26                         |

Dentro de cada linha, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade, não diferem entre si as médias cujas representações literais contêm letra comum.

A disponibilidade de adubo orgânico não se apresenta como fator limitante para o desenvolvimento do cultivo do abacaxizeiro na referida região, pois ela dispõe de considerável potencial para a produção de esterco de curral e lodo.

### CONCLUSÕES

1. O uso de esterco de curral, lodo ou esterco de galinha na cova do plantio possibilitou a obtenção de fruto de peso e tamanho dentro dos padrões requeridos para comercialização interna ao natural, o que não foi conseguido sem adubação orgânica, apesar do emprego de adubações com NPK sob forma de adubos químicos.

2. A adubação orgânica não influenciou na qualidade da polpa do fruto, no diâmetro da medula (eixo central), nem no comprimento da coroa, mas aumentou o peso da coroa.

3. O emprego de esterco de curral resultou em aumento na produção de filhotes.

### REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura, Comissão Nacional de Solos. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agrônômica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. B. Serv. Agron., (11), 1958.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 4.ed. Rio de Janeiro, Freitas, 1976, 594p.
- TIBAU, A.O. *Matéria orgânica e fertilidade do solo*. São Paulo, Nobel, 1978. 172p.



# EFEITOS DO ALUMÍNIO E DO MANGANÊS NO FEIJOEIRO<sup>1</sup>

ITAMAR PEREIRA DE OLIVEIRA<sup>2</sup> e EURÍPEDES MALAVOLTA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Trinta e oito cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foram submetidas a tratamentos de 0, 6, 12, 18 e 24 ppm de alumínio e 0, 30, 60, 90 e 120 ppm de manganês, em solução nutritiva em combinação fatorial. Análises de regressão do peso da matéria seca da planta inteira permitiram separar as cultivares em três grupos em relação ao alumínio: a. Tolerantes - cultivares que apresentam máximos de produção de matéria seca na presença de 14 a 16 ppm de alumínio: Jalo, Mulatinho Paulista, Ricobaio 1014, Roxo 760. b. Medianamente sensíveis - cultivares que apresentaram mínimos de produção em solução com 14 a 15 ppm de alumínio: Jamapa e Porrillo Sintético. c. Sensíveis - cultivares que apresentaram mínimos de produção entre 2 a 9 ppm de alumínio: Carioca, Costa Rica, Costa Rica 1031, Cuva 168 N, Goiano Precoce, Rico Pardo, Rio Tibagi e Tambó. Análises de regressão deste mesmo parâmetro permitiram separar as cultivares em dois grupos em relação ao manganês: a. Medianamente sensíveis - cultivares que apresentaram mínimos de produção entre 102 a 118 ppm de manganês: Carioca, CR 911, Cuva 168N, Rico Pardo e Rio Tibagi. b. Sensíveis - cultivares que apresentaram mínimos de produção em solução na presença de 72 a 99 ppm de manganês: Costa Rica 1031, Goiano Precoce, Jamapa, Porrillo Sintético e Rosinha. Algumas cultivares não puderam ser classificadas nos grupos tolerantes e sensíveis, porque as raízes das respectivas equações de regressão apresentaram valores fora do campo experimental ( $0 > Al > 24$  e  $0 > Mn > 120$ ). Por esse motivo, não foi possível concluir seguramente sobre os dados obtidos.

Termos para indexação: toxidez de alumínio, toxidez de manganês, máximo e mínimo de produção, análises de regressão, *Phaseolus vulgaris* (L.).

## ALUMINIUM AND MANGANESE EFFECTS ON BEANS

**ABSTRACT** - Thirty eight bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars were grown in nutrient solution under a factorial treatment using 4 levels of Al (0, 6, 12, 18 and 24 ppm) and 4 levels of Mn (0, 30, 60, 90 and 120 ppm) to study their behavior in presence of Al and Mn. By applying regression analysis to dry matter yield data it was possible to classify said varieties to Al effect in a. Tolerant - cultivars whose maximum yield appeared in the presence of the element at 14-16 ppm: Jalo, Mulatinho Paulista, Ricobaio 1014 and Roxo 760; b. Moderately sensitive - cultivars whose minimum yield occurred in solutions having between 14 and 15 ppm of Al: Jamapa and Porrillo Sintético; c. Sensitive - cultivars whose yield showed a minimum when the nutrient solution had between 2 and 9 ppm of Al: Carioca, Costa Rica, Costa Rica 1031, Cuva 168 N, Goiano Precoce, Rico Pardo, Rio Tibagi and Tambó. Mn toxicity regression analysis allowed the following classification: a. Moderately sensitive - cultivars showing minimum yield when the nutrient solution contained from 102 to 118 ppm of Mn: Carioca, CR 911, Cuva 168 N, Rico Pardo and Rio Tibagi; b. Sensitive - cultivars showing minimum yield when the nutrient solution presented from 72 to 99 ppm of Mn: Costa Rica 1031, Goiano Precoce, Jamapa, Porrillo Sintético and Rosinha. The remaining cultivars could not be classified because the estimated values of Al or Mn levels which would allow for maximum of minimum growth fell outside the experimental concentration ( $0 > Al > 24$  and  $0 > Mn > 120$ ). For this reason it was not possible to draw safe conclusions on the data obtained.

Index terms: aluminium toxicity, manganese toxicity, maximum and minimum yield, regression analysis, *Phaseolus vulgaris*.

## INTRODUÇÃO

O alumínio, como a exemplo de outros cátions de altas valências, geralmente reduz a permeabili-

dade do protoplasma e dificulta a entrada do fósforo na raiz da planta. Reduz também a atividade metabólica do fósforo no tecido, a partir da raiz, segundo Whallihan (1948). A concentração de alumínio da parte aérea, muitas vezes, é reduzida, devido às cargas do protoplasma, responsáveis pela aderência destes cátions. O excedente do alumínio do meio não é absorvido, mas acumulado na superfície da raiz; pode combinar com o fósforo das soluções, precipitando-o. Trabalhos de Magistad (1925) e Wright (1943) mostram que a precipitação ocorre primariamente na raiz e causa, então, uma deficiência de fósforo na região meristemáti-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 23 de novembro de 1981. Trabalho extraído de parte da tese para obtenção do Título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas na ESALQ/USP - Piracicaba.

<sup>2</sup> Eng.º Agr.º, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, BR 153 - km 04, Caixa Postal 179, CEP 74000 - Goiânia, GO.

<sup>3</sup> Eng.º Agr.º, Ph.D., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - ESALQ/USP, Caixa Postal 96, CEP 13400 - Piracicaba, SP.

ca, a qual é refletida em decréscimo de produção.

As plantas, segundo Howeler & Cadavid (1976), podem sofrer de toxidez causada pelo alumínio, quando a concentração na solução do solo está acima de 1 ppm, e os sintomas aparecem nas folhas, em concentrações acima de 25 ppm, nas soluções nutritivas. Todavia, as primeiras evidências de injúrias nas plantas ocorrem na raiz, tornando-as descoloradas e atrofiando suas ramificações. O desenvolvimento é prejudicado e todo o sistema radicular sofre redução. A sintomatologia vai-se agravando; há visível redução do desenvolvimento de ápice que pode levar a planta ao definhamento e à morte.

Revisões de Malavolta (1976) relatam que o alumínio reage com as cadeias do ácido poligalacturâmico das paredes das células jovens, dando compostos pécticos "errados" do que resulta a perda de elasticidade e diminuição na alongação. Interfere também em reações de transferência de grupos fosforilados, na ação da hexoquinase, na formação de esteres de carboidratos e na de ácidos nucléicos.

O manganês, ao contrário do alumínio, é um elemento essencial às plantas. Absorvido pelas raízes, na forma bivalente, é encontrado nos pontos fisiologicamente ativos. Não se transloca apreciavelmente para os órgãos mais novos quando ocorre deficiência. As plantas podem absorvê-lo através de suas folhas, o que permite o uso de sais de manganês em pulverizações, para corrigir deficiências (Malavolta 1976).

Malavolta (1967) relata, citando Nicholas (1957), que o manganês é ativador de enzimas oxidantes, arginase, muitas descarboxilases, desidrogenase isocítrica e enzima málica. A reductase da hidroxilamina, enzima que toma parte do sistema responsável pela redução do nitrato amoniacal, depende do manganês para a sua atividade. Embora não seja bastante elucidado (Mengel & Kirkby 1978), há dúvidas quanto à função do manganês na atividade da reductase da hidroxilamina. Tem-se observado que o nitrato reductase é a única proteína responsável pela transferência direta de elétrons do nitrato para amônia, em contraste com a idéia original de que esta redução teria como intermediários o hiponitrito e a hidroxilamina.

Klamt (1969) considera que solos com níveis

de manganês acima de 20 ppm são tóxicos para a maioria das culturas, enquanto que níveis inferiores a 2,5 ppm podem ser insuficientes para algumas plantas.

Possibilidade de seleção de cultivares tolerantes ao alumínio foi relatada por Magistad (1925), com várias espécies de plantas; Hanson & Kamprath (1979), com soja; Mugwira et al. (1978) e Foy et al. (1974), com trigo e feijão; Polle et al. (1978), com milho e Nogueira (1979), com sorgo sacarino. Seleção de cultivares tolerantes ao manganês é relatada por Malavolta (1976); Munns et al. (1963a, b, c), com aveia; Ohki (1977), com algodão, soja e sorgo; Souto & Döbereiner (1969), com várias espécies de leguminosas.

Este trabalho tem a finalidade de selecionar cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao alumínio e manganês, bem como agrupá-las de acordo com o nível de tolerância de cada cultivar.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram testadas 38 cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em cinco níveis de alumínio (0, 6, 12, 18 e 24 ppm) como  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  e cinco níveis de manganês (0, 30, 60, 90 e 120 ppm) como  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , em combinação fatorial, conforme a relação: C<sub>1</sub> - Aroana, C<sub>2</sub> - Bico de Ouro Claro Brilhante, C<sub>3</sub> - Bico de Ouro Escuro, C<sub>4</sub> - Bico de Ouro Fosco, C<sub>5</sub> - Carioca, C<sub>6</sub> - Chumbinho Opaco, C<sub>7</sub> - Cornell 49.242, C<sub>8</sub> - Costa Rica, C<sub>9</sub> - Costa Rica 1031, C<sub>10</sub> - CR 911, C<sub>11</sub> - Cubano, C<sub>12</sub> - Cuva 168 N, C<sub>13</sub> - Goiano Precoce, C<sub>14</sub> - Guatemala 162, C<sub>15</sub> - Iguaçu, C<sub>16</sub> - Jalo, C<sub>17</sub> - Jamapa, C<sub>18</sub> - Maquiné, C<sub>19</sub> - Moruna, C<sub>20</sub> - Mulatinho Paulista, C<sub>21</sub> - Pai d'Égua, C<sub>22</sub> - Porillo Sintético, C<sub>23</sub> - P 686 F 78, C<sub>24</sub> - P 704 F 78, C<sub>25</sub> - Rico 23, C<sub>26</sub> - Ricobai 1014, C<sub>27</sub> - Rico Pardo, C<sub>28</sub> - Rio Tibagi, C<sub>29</sub> - Rosinha, C<sub>30</sub> - Roxinho, C<sub>31</sub> - Roxo 735 F 78, C<sub>32</sub> - Roxo 748 F 78, C<sub>33</sub> - Roxo 760 F 78, C<sub>34</sub> - Tambó, C<sub>35</sub> - Tayhu, C<sub>36</sub> - TMD<sub>1</sub> 807 F 78, C<sub>37</sub> - Turrialba e C<sub>38</sub> - Venezuela 350.

As sementes foram germinadas em vermiculita umedecida com  $CaSO_4 \cdot 10^{-4}$  M. As plântulas permaneceram neste meio até o quinto dia após a emergência, quando, então, foram colocadas em solução nutritiva n.º 2 de Hoagland & Arnon (1950), modificada (concentração de fosfato biácido de potássico reduzida a 0,5 M na concentração da solução mãe). Os micronutrientes foram fornecidos, utilizando-se a "Solução a", tendo como fonte de ferro o Fe-EDTA, de acordo com Malavolta (1976). O manganês não foi colocado na solução original, sendo adicionado apenas nos tratamentos utilizados na seleção de cultivares.

As plantas permaneceram em solução nutritiva em pH controlado em torno de 5,0 com arejamento permanente, em tanques de plástico com capacidade de 30 litros, ten-

do, nos bordos superiores, as dimensões de 70 cm x 46,50 cm e 20 cm de profundidade.

As plantas foram colhidas após quatro semanas, as raízes foram destacadas da parte aérea, lavadas em água de torneira e água destilada; sofreram pré-secamento ao natural e ambas as partes foram condicionadas em sacos de papel perfurados. Completou-se o secamento, em estufa à temperatura 70-80°C, por um período de doze horas.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos de alumínio e manganês dispostos em combinação fatorial. Foi considerada uma planta por repetição.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos sobre as culturas, foram determinados a altura da planta, o comprimento da raiz, o peso da matéria seca da parte aérea, o peso da matéria seca da raiz e peso da matéria seca total.

Os dados de produção da matéria seca total (Y) foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Procurou-se adaptar os dados por cultivar em equações do modelo:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + B_{11}x_1^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{22}x_2^2, \text{ onde:}$$

$b_0$  = termo constante da equação de regressão.

$b_1, b_2, b_{11}, b_{12}, b_{22}$  = coeficientes de regressão parcial.

$x_1$  e  $x_2$  = níveis dos fatores (Al e Mn).

Substituindo os valores de  $x_1$  por alumínio e manganês obtém-se:

$$Y = b_0 + b_1Al + b_2Mn + b_3Al^2 + b_4AlMn + b_5Mn^2$$

A precisão no ajustamento dos dados foi verificada através do nível de significância dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Como base para a classificação das cultivares foram usados os valores máximos e mínimos obtidos das matrizes, discutidas por Myers (1971).

**a. Primeiro caso**

$$\Delta B > 0; b_{11} > 0 \text{ e/ou } b_{22} > 0.$$

O ponto obtido da matriz equivale ao ponto da curva onde a produção é mínima.

**b. Segundo caso**

$$\Delta B < 0; b_{11} < 0 \text{ e/ou } b_{22} < 0$$

O ponto obtido da matriz equivale ao ponto da curva onde a produção é máxima.

**c. Terceiro caso**

$$\Delta B < 0 \text{ e } b_{ij} > 0 \text{ ou}$$

$$\Delta B > 0 \text{ e } b_{ij} < 0$$

Consideram-se, neste caso, como indeterminados os pontos de máximos e/ou mínimos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produção de matéria seca, representada pelo peso total (Tabelas 1 e 2) de cada cultivar testada isoladamente, foi submetida à análise de regressão. Os resultados encontram-se na Tabela 3 e permitem classificar as cultivares em relação aos níveis de tolerância ao alumínio e ao manganês.

Os resultados obtidos mostraram um comportamento diferencial entre as cultivares; algumas tive-

TABELA 1. Peso da matéria seca total das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de alumínio, em solução nutritiva, fixando os níveis de manganês.

|                   | Tolerantes      |                 |                 |                 | Sensíveis       |                 |                 |  |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
|                   | C <sub>16</sub> | C <sub>20</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>33</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>28</sub> | C <sub>34</sub> |  |
| Al <sub>0</sub>   | 0,659 c         | 0,432 d         | 0,582 d         | 0,479 d         | 0,743 a         | 0,696 a         | 0,393 a         |  |
| Mn <sub>1</sub>   | 0,762 a         | 0,604 a         | 0,677 c         | 0,618 b         | 0,615 b         | 0,638 b         | 0,318 b         |  |
| Al <sub>6</sub>   | 0,791 a         | 0,560 b         | 0,711 b         | 0,618 b         | 0,618 b         | 0,539 c         | 0,251 c         |  |
| Al <sub>12</sub>  | 0,891 a         | 0,532 c         | 0,762 a         | 0,712 a         | 0,615 b         | 0,643 b         | 0,341 ab        |  |
| Al <sub>18</sub>  | 0,714 b         | 0,524 c         | 0,579 d         | 0,529 c         | 0,630 b         | 0,676 a         | 0,408 a         |  |
| Al <sub>24</sub>  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |  |
| C.V. %            | 4,510           | 4,850           | 4,200           | 4,570           | 4,410           | 3,960           | 14,860          |  |
| DMS <sub>20</sub> | 0,036           | 0,027           | 0,029           | 0,029           | 0,030           | 0,027           | 0,054           |  |

TABELA 2. Peso da matéria seca total das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de manganês, em solução nutritiva, fixando os níveis de alumínio.

|                        |                   | C <sub>13</sub> | C <sub>22</sub> | C <sub>28</sub> |
|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Matéria seca total (g) |                   |                 |                 |                 |
| Al <sub>1</sub>        | Mn <sub>0</sub>   | 0,661 a         | 0,627 a         | 0,829 a         |
|                        | Mn <sub>30</sub>  | 0,594 b         | 0,401 c         | 0,650 b         |
|                        | Mn <sub>60</sub>  | 0,495 c         | 0,354 d         | 0,613 b         |
|                        | Mn <sub>90</sub>  | 0,536 c         | 0,339 d         | 0,570 c         |
|                        | Mn <sub>120</sub> | 0,509 d         | 0,453 b         | 0,529 d         |
| C.V.                   | %                 | 3,510           | 5,730           | 3,960           |
| DMS                    | 1%                | 0,021           | 0,026           | 0,027           |

TABELA 3. Valores máximos e mínimos em relação aos tratamentos de alumínio e manganês obtidos pelas resoluções das equações de regressão; e os parâmetros destas equações empregados nas matrizes para obtenção e interpretação dos valores máximos e mínimos.

| Cultivares      | Alumínio |        | Manganês |        | Valores de b   | Valores de x |              |                     |
|-----------------|----------|--------|----------|--------|----------------|--------------|--------------|---------------------|
|                 | máximo   | mínimo | máximo   | mínimo |                |              |              |                     |
| C <sub>1</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B = 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>2</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>3</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} = 0$ | -                   |
| C <sub>4</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} = 0$ | -                   |
| C <sub>5</sub>  | -        | 6      | -        | 109    | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>6</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>7</sub>  | -        | -      | -        | -      | $\Delta B = 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>8</sub>  | -        | 4      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_2 > 2$           |
| C <sub>9</sub>  | -        | 5      | -        | 83     | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>10</sub> | -        | -      | -        | 105    | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_1 < -2$          |
| C <sub>11</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>12</sub> | -        | 7      | -        | 102    | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>13</sub> | -        | 8      | -        | 95     | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>14</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} = 0$ | -                   |
| C <sub>15</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>16</sub> | 16       | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} < 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>17</sub> | -        | 15     | -        | 90     | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>18</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>19</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>20</sub> | 14       | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} < 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>21</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} = 0$ | -                   |
| C <sub>22</sub> | -        | 14     | -        | 72     | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>23</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>24</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>25</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_1 < -2, x_2 > 2$ |
| C <sub>26</sub> | 14       | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} < 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>27</sub> | -        | 7      | -        | 112    | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>28</sub> | -        | 9      | -        | 118    | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>29</sub> | -        | -      | -        | 99     | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_1 < -2$          |
| C <sub>30</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_2 < -2$          |
| C <sub>31</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>32</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>33</sub> | 15       | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} < 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>34</sub> | -        | 2      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_2 > 2$           |
| C <sub>35</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_1 < -2, x_2 > 2$ |
| C <sub>36</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |
| C <sub>37</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B > 0$ | $b_{11} > 0$ | $b_{22} > 0$ | $x_1 < -2, x_2 > 2$ |
| C <sub>38</sub> | -        | -      | -        | -      | $\Delta B < 0$ | $b_{11} = 0$ | $b_{22} > 0$ | -                   |

ram sua produção de matéria seca aumentada, até certo ponto, em presença do alumínio, enquanto que outras foram prejudicadas por esse elemento. Os resultados obtidos concordaram com McLean & Gilbert (1927). Foi possível, de acordo com esses autores agrupar, as cultivares em faixa de tolerância dentro dos níveis testados.

**a. Tolerantes** - as cultivares apresentaram máximos de produção da matéria seca na presença de 14 a 16 ppm de alumínio:

C<sub>16</sub> - Jalo (16 ppm), C<sub>20</sub> - Mulatinho Paulista (14 ppm), C<sub>26</sub> - Ricobaio 1014 (14 ppm) e C<sub>33</sub> - Roxo 750 (15 ppm).

**b. Medianamente sensíveis** - as cultivares que apresentaram mínimos de produção de 14 a 15 ppm de alumínio:

C<sub>17</sub> - Jamapa (15 ppm) e C<sub>22</sub> - Porillo Sintético (14 ppm).

**c. Sensíveis** - cultivares que apresentaram mínimos de produção de 2 a 9 ppm de alumínio:

C<sub>5</sub> - Carioca (6 ppm), C<sub>8</sub> - Costa Rica (4 ppm), C<sub>9</sub> - Costa Rica 1031 (5 ppm), C<sub>12</sub> - Cuva 168 N (7 ppm), C<sub>13</sub> - Goiano Precoce (8 ppm), C<sub>27</sub> - Rico Pardo (7 ppm), C<sub>28</sub> - Rio Tibagi e C<sub>34</sub> - Tambó (2 ppm).

Os parâmetros de crescimento utilizados para a avaliação dos resultados foram: altura da planta, comprimento da raiz, peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca da raiz e peso da matéria seca total. Esses parâmetros podem ser utilizados para avaliar o comportamento de plantas em relação ao alumínio, como podem ser revistos em trabalhos de Foy et al. (1972), na observação do desenvolvimento de plântulas contendo alumínio; de Foy et al. (1969), em estudo do efeito do alumínio no colapso de pecíolos e de Howeler & Cadavid (1976), na observação do crescimento relativo percentual na presença e ausência do alumínio.

Algumas cultivares aumentaram a produção de matéria seca em solução contendo alumínio. Magistad (1925) relata que pequenas quantidades de alumínio são benéficas às plantas, devido a um efeito catalítico desse elemento no processo da fotossíntese. A diferença no comportamento das cultivares pode ser atribuída ao grau de permeabilidade da membrana celular, que permite o alumínio penetrar na célula. O alumínio provoca coagu-

lação de proteínas e cria diferentes condições para os cátions presentes, o que permite saída rápida de cálcio, potássio e outros elementos.

Foi observado que todas as cultivares tiveram o mesmo comportamento em relação ao manganês. Apresentaram mínimos de produção e não foram, por isso, classificadas como tolerantes, mas agrupadas dentro das faixas de sensibilidade.

**a. Medianamente sensíveis** - as cultivares que apresentaram mínimos na faixa de 102 a 118 ppm de manganês:

C<sub>5</sub> - Carioca (109 ppm), C<sub>10</sub> - CR 911 (105 ppm), C<sub>12</sub> - Cuva 168 N (102 ppm), C<sub>27</sub> - Rico Pardo (102 ppm) e C<sub>28</sub> - Rio Tibagi (118 ppm).

**b. Sensíveis** - as cultivares que apresentaram mínimos na faixa de 72 a 99 ppm de manganês:

C<sub>9</sub> - Costa Rica 1031 (83 ppm), C<sub>12</sub> - Goiano Precoce (95 ppm), C<sub>17</sub> - Jamapa (90 ppm), C<sub>22</sub> - Porillo Sintético (72 ppm) e C<sub>29</sub> - Rosinha (99 ppm).

Munns et al. (1963 c) discutem as diferenças varietais em relação à tolerância ao manganês, em trabalhos com aveia, através de mecanismos da cinética de absorção e translocação do manganês dentro da planta. De modo geral, o manganês absorvido pelas raízes pode chegar ao topo da planta não diretamente, mas através de etapas. As diferenças dos genótipos podem se manifestar de acordo com a variação no volume de manganês acumulado no tecido e na capacidade da planta em liberar este elemento dentro do vegetal. Trabalhos realizados por Vose & Jones (1963) e Souto & Döbereiner (1969) relataram variações no grau de tolerância ao manganês entre as diversas espécies cultivadas.

Algumas cultivares não puderam ser classificadas entre os grupos tolerantes e sensíveis. As raízes das respectivas equações de regressão saíram do campo experimental ( $0 > Al > 24$  e  $0 > Mn > 120$ ) e, por esse motivo, não foi possível tirar conclusões seguras.

O alumínio e o manganês afetaram o desenvolvimento da planta cujos efeitos foram observados na altura da planta (Tabelas 4 e 5), no comportamento da raiz (Tabelas 6 e 7), no peso da matéria seca da parte aérea (Tabelas 8 e 9), no peso da matéria seca da raiz (Tabelas 10 e 11). Não foi observada mesma constância nos efeitos destes elementos

TABELA 4. Altura das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva, fixando os níveis de manganês.

|                   |                 | Tolerantes            |                 |                 |                 | Sensíveis       |                 |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |                 | C <sub>16</sub>       | C <sub>20</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>33</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>28</sub> | C <sub>34</sub> |
|                   |                 | Altura da planta (cm) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Al <sub>0</sub>   | Mn <sub>i</sub> | 51,800 a              | 26,750 b        | 30,500 a        | 23,100 a        | 31,200 b        | 38,100 b        | 28,300 a        |
| Al <sub>6</sub>   |                 | 41,600 b              | 43,450 a        | 31,650 a        | 34,100 a        | 43,650 a        | 40,400 a        | 23,750 b        |
| Al <sub>12</sub>  |                 | 29,950 c              | 25,500 b        | 26,900 c        | 17,100 c        | 16,550 c        | 32,300 c        | 19,650 c        |
| Al <sub>18</sub>  |                 | 26,700 d              | 21,300 c        | 28,350 b        | 16,900 c        | 17,100 c        | 22,050 c        | 16,050 d        |
| Al <sub>24</sub>  |                 | 24,900 d              | 18,300 d        | 24,000 d        | 16,000 c        | 14,500 d        | 32,900 c        | 14,550 d        |
| C.V.              | %               | 5,049                 | 6,185           | 5,546           | 6,065           | 7,762           | 4,250           | 9,578           |
| DMS <sub>20</sub> | 1%              | 1,913                 | 1,825           | 1,392           | 1,408           | 2,044           | 1,622           | 2,133           |

TABELA 5. Altura das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva, fixando os níveis de alumínio.

|                   |                   | C <sub>13</sub>       | C <sub>22</sub> | C <sub>28</sub> |
|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                   |                   | Altura da planta (cm) |                 |                 |
| Al <sub>i</sub>   | Mn <sub>0</sub>   | 25,900 a              | 28,700 a        | 36,900 a        |
|                   | Mn <sub>30</sub>  | 19,200 b              | 21,150 b        | 37,950 a        |
|                   | Mn <sub>60</sub>  | 16,550 c              | 20,500 b        | 33,050 b        |
|                   | Mn <sub>90</sub>  | 15,800 c              | 19,500 cb       | 32,200 b        |
|                   | Mn <sub>120</sub> | 18,100 b              | 21,100 b        | 34,150 b        |
| C.V.              | %                 | 6,969                 | 6,096           | 4,250           |
| DMS <sub>20</sub> |                   | 1,422                 | 1,464           | 1,622           |

TABELA 6. Comprimento da raiz das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva, fixando os níveis de manganês.

|                   |                 | Tolerantes               |                 |                 |                 | Sensíveis       |                 |                 |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |                 | C <sub>16</sub>          | C <sub>20</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>33</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>28</sub> | C <sub>34</sub> |
|                   |                 | Comprimento da raiz (cm) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Al <sub>0</sub>   | Mn <sub>i</sub> | 52,350 a                 | 25,950 b        | 32,550 a        | 20,050 b        | 35,750 b        | 39,450 b        | 30,650 a        |
| Al <sub>6</sub>   |                 | 44,500 b                 | 42,050 a        | 33,900 a        | 36,100 a        | 46,250 a        | 41,550 a        | 25,600 b        |
| Al <sub>12</sub>  |                 | 30,100 c                 | 22,000 c        | 28,650 bc       | 17,550 dc       | 17,750 c        | 32,650 dc       | 18,850 c        |
| Al <sub>18</sub>  |                 | 27,150 c                 | 19,100 d        | 31,850 ab       | 17,900 c        | 18,500 c        | 34,250 c        | 18,450 c        |
| Al <sub>24</sub>  |                 | 26,940 cd                | 16,300 de       | 27,550 c        | 16,300 d        | 17,550 c        | 34,400 c        | 16,300 d        |
| C.V.              | %               | 4,020                    | 10,730          | 5,090           | 5,200           | 6,860           | 4,390           | 5,480           |
| DMS <sub>20</sub> |                 | 1,560                    | 2,849           | 1,685           | 1,259           | 1,999           | 1,716           | 1,291           |

TABELA 7. Comprimento da raiz das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva, fixando os níveis de alumínio.

|                   |                   | C <sub>13</sub>          | C <sub>22</sub> | C <sub>28</sub> |
|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
|                   |                   | Comprimento da raiz (cm) |                 |                 |
| Al <sub>i</sub>   | Mn <sub>0</sub>   | 28,900 a                 | 31,250 a        | 37,150 a        |
|                   | Mn <sub>30</sub>  | 22,250 b                 | 23,850 b        | 38,250 a        |
|                   | Mn <sub>60</sub>  | 16,400 c                 | 22,150 c        | 34,950 cb       |
|                   | Mn <sub>90</sub>  | 17,500 bc                | 22,150 c        | 37,500 ab       |
|                   | Mn <sub>120</sub> | 20,650 b                 | 23,800 b        | 36,250 b        |
| C.V.              | %                 | 17,070                   | 5,520           | 4,390           |
| DMS <sub>20</sub> | 1%                | 3,873                    | 1,448           | 1,716           |

TABELA 8. Peso da matéria seca da parte aérea das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva, fixando os níveis de manganês em solução nutritiva.

|                   |                 | Tolerantes                      |                 |                 |                 | Sansíveis       |                 |                 |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |                 | C <sub>16</sub>                 | C <sub>20</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>33</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>28</sub> | C <sub>34</sub> |
|                   |                 | Matéria seca da parte aérea (g) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Al <sub>0</sub>   | Mn <sub>i</sub> | 0,709 a                         | 0,356 c         | 0,475 c         | 0,381 d         | 0,600 a         | 0,596 a         | 0,345 a         |
| Al <sub>6</sub>   |                 | 0,632 c                         | 0,454 ab        | 0,571 b         | 0,371 d         | 0,473 a         | 0,532 c         | 0,261 c         |
| Al <sub>12</sub>  |                 | 0,659 b                         | 0,467 a         | 0,598 b         | 0,545 b         | 0,515 b         | 0,471 b         | 0,225 d         |
| Al <sub>18</sub>  |                 | 0,663 b                         | 0,478 a         | 0,661 a         | 0,606 a         | 0,522 ab        | 0,552 ab        | 0,293 b         |
| Al <sub>24</sub>  |                 | 0,626 c                         | 0,439 b         | 0,493 c         | 0,460 c         | 0,547 a         | 0,566 a         | 0,304 b         |
| C.V.              | %               | 4,280                           | 5,050           | 4,690           | 5,660           | 5,000           | 4,760           | 4,690           |
| DMS <sub>20</sub> | 1%              | 0,022                           | 0,023           | 0,028           | 0,028           | 0,028           | 0,027           | 0,014           |

TABELA 9. Peso da matéria seca da parte aérea das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva, fixando os níveis de alumínio.

|                   |                   | C <sub>13</sub>                 | C <sub>22</sub> | C <sub>28</sub> |
|-------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
|                   |                   | Matéria seca da parte aérea (g) |                 |                 |
| Al <sub>i</sub>   | Mn <sub>0</sub>   | 0,554 a                         | 0,543 a         | 0,713 a         |
|                   | Mn <sub>30</sub>  | 0,506 b                         | 0,341 c         | 0,555 b         |
|                   | Mn <sub>60</sub>  | 0,428 d                         | 0,309 d         | 0,524 c         |
|                   | Mn <sub>90</sub>  | 0,467 c                         | 0,287 e         | 0,481 d         |
|                   | Mn <sub>120</sub> | 0,444 d                         | 0,383 b         | 0,444 e         |
| C.V.              | %                 | 4,360                           | 4,960           | 4,760           |
| DMS <sub>20</sub> | 1%                | 0,022                           | 0,019           | 0,027           |

TABELA 10. Peso da matéria seca da raiz das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva, fixando os níveis de manganês.

|                   |                 | Tolerantes               |                 |                 |                 | Sensíveis       |                 |                 |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |                 | C <sub>16</sub>          | C <sub>20</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>33</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>28</sub> | C <sub>34</sub> |
|                   |                 | Matéria seca da raiz (g) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Al <sub>0</sub>   | Mn <sub>i</sub> | 0,091 c                  | 0,075 c         | 0,087 c         | 0,098 c         | 0,143 a         | 0,099 b         | 0,047 a         |
| Al <sub>6</sub>   |                 | 0,141 a                  | 0,150 a         | 0,106 a         | 0,154 a         | 0,136 a         | 0,105 ab        | 0,042 a         |
| Al <sub>12</sub>  |                 | 0,133 ab                 | 0,093 b         | 0,113 a         | 0,077 c         | 0,103 a         | 0,068 c         | 0,026 b         |
| Al <sub>18</sub>  |                 | 0,129 b                  | 0,054 d         | 0,101 ab        | 0,105 b         | 0,093 c         | 0,091 b         | 0,048 a         |
| Al <sub>24</sub>  |                 | 0,090 c                  | 0,083 bc        | 0,085 c         | 0,071 c         | 0,083 c         | 0,110 a         | 0,042 a         |
| C.V.              | %               | 8,720                    | 11,440          | 10,620          | 11,040          | 9,570           | 9,970           | 15,910          |
| DMS <sub>20</sub> | 1%              | 0,011                    | 0,011           | 0,011           | 0,012           | 0,011           | 0,008           | 0,007           |

TABELA 11. Peso da matéria seca da raiz das cultivares de feijão submetidas a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva, fixando os níveis de alumínio.

|                   |                   | C <sub>13</sub>          | C <sub>22</sub> | C <sub>28</sub> |
|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
|                   |                   | Matéria seca da raiz (g) |                 |                 |
| Al <sub>i</sub>   | Mn <sub>0</sub>   | 0,107 a                  | 0,099 a         | 0,116 a         |
|                   | Mn <sub>30</sub>  | 0,083 b                  | 0,059 c         | 0,095 b         |
|                   | Mn <sub>60</sub>  | 0,066 c                  | 0,048 dc        | 0,089 b         |
|                   | Mn <sub>90</sub>  | 0,069 c                  | 0,055 c         | 0,089 b         |
|                   | Mn <sub>120</sub> | 0,065 c                  | 0,070 b         | 0,085 bc        |
| C.V.              | %                 | 9,330                    | 12,260          | 9,970           |
| DMS <sub>20</sub> |                   | 0,008                    | 0,009           | 0,008           |

sobre os parâmetros instalados e por esse motivo optou-se pelo peso da matéria seca total na seleção de cultivares, porque esse parâmetro reúne outros parâmetros e reflete o desenvolvimento geral da planta.

### CONCLUSÕES

1. O uso de regressão utilizando peso da matéria seca total permitiu agrupar as cultivares, em relação ao alumínio, em tolerantes, medianamente sensíveis e sensíveis propriamente ditas.

2. O mesmo processo, em relação ao manganês, permitiu agrupar as cultivares em medianamente sensíveis e sensíveis.

3. Algumas cultivares não puderam ser classificadas nos grupos tolerantes e sensíveis porque os valores de máximos e/ou mínimos extraídos das equações de regressão caíram fora do limite experimental.

4. O peso seco da parte aérea, o peso seco da raiz, a altura da planta e o comprimento da raiz foram afetados pelo alumínio e pelo manganês.

### REFERÊNCIAS

- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & ARMIGER, W.H. Aluminium tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. *Agron. J.*, 61:505-11, 1969.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & GERLOFF, G.C. Differential aluminium tolerance in two snapbean varieties. *Agron. J.*, 64:815-8, 1972.
- FOY, C.D.; LAFEVER, H.N. & FLEMING, A.L. Aluminium tolerance of wheat cultivars related to region of origin. *Agron. J.*, 66:751-8, 1974.
- HANSON, W.D. & KAMPRATH, E.J. Selection for aluminium tolerance in soybeans based on seedlings root growth. *Agron. J.*, 71:581-6, 1979.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. California, Agr. Exp. Sta., 1950. (Circ. 347).
- HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. *Agron. J.*, 68:551-5, 1976.
- KLAMT, E. Calagem "maciça" e disponibilidade de manganês. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1969. 4p. (Folheto, 1).
- MAGISTAD, D.C. The aluminium content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. *Soil Sci.*, 20:181-212, 1925.

- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola - nutrição e fertilidade do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1967. 528p.
- MALAVOLTA, E. Práticas de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, ESALQ - Dept<sup>o</sup> de Química, 1976. 65p.
- MCLEAN, F.T. & GILBERT, B.E. The relative aluminium tolerance of crop plants. *Soil Sci.*, 24:163-75, 1927.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Worblaufen - Bern, International Potash Institute, 1978. 593p.
- MUGWIRA, L.M.; ELGAWHARY, S.M. & PATEL, S.U. Aluminium tolerance in triticale, wheat and rye as measured by root growth characteristics and aluminium concentration. *Plant Soil*, 50:681-90, 1978.
- MUNNS, D.N.; JACOBSON, L. & JOHNSON, C.M. Uptake and distribution of manganese in oat plants. II. A kinetic model. *Plant Soil*, 19:193-204, 1963a.
- MUNNS, D.N.; JOHNSON, C.M. & JACOBSON, L. Uptake and distribution of manganese in oat plants. III. An analysis of biotic and environmental effects. *Plant Soil*, 19:285-95, 1963b.
- MUNNS, D.N.; JOHNSON, C.M. & JACOBSON, L. Uptake and distribution of manganese in oat plants. I. Varietal variation. *Plant Soil*, 19:115-26, 1963c.
- MYERS, R.H. Response surface methodology. Boston, Allyn & Bacon, Inc., 1971. 231p.
- NOGUEIRA, F.D. Efeitos do alumínio no sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). Piracicaba, ESALQ-UPS, 1979. 120p. Tese Doutorado.
- OHKI, R. Manganese and zinc related to maximum growth for selected agronomic crops. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOIL ENVIRONMENT AND FERTILITY MANGANESE IN INTENSIVE AGRICULTURE. Tokyo, 1977. Proceedings . . . Tokyo, 1977. p.603-11.
- POLLE, E.; KONZAK, C.F. & KITTRICK, J.A. Screening for Al tolerance in maize. Washington, Office of Agriculture, Development Support Bureau, Agency for International Development, 1978. 23p. (Agriculture Technology for Developing Countries, Technical Series Bulletin, 22).
- SOUTO, S.M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. *Pesq. agropec. bras.*, 4:129-38, 1969.
- VOSE, P.B. & JONES, D.G. The interaction of manganese and calcium on nodulation and growth in varieties of *Trifolium repens*. *Plant Soil*, 18:372-83, 1963.
- WALLIHAN, E.F. The influence of aluminium on the phosphorus nutrition of plants. *Am. J. Bot.*, 35: 106-12, 1948.
- WRIGHT, K.E. Internal precipitation of phosphorus in relation to aluminium toxicity. *Plant Physiol.*, 18: 709-12, 1943.